

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-003991

(43)Date of publication of application : 09.01.2002

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/60

(21)Application number : 2000-185761

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 21.06.2000

(72)Inventor : OMORI YASUHIRO
HOSHINO TOSHIYUKI
AMANO KENICHI

(54) FREE CUTTING STEEL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide free cutting steel excellent in machinability in an as-rolled state without addition of lead.

SOLUTION: The chemical composition of the steel is regulated so that it consists of, by mass, <0.05% C, ≤2.5% Si, 0.10-4.0% Mn, >0.20-0.8% S, >0.004-<0.08% B, >0.008-0.050% O, <0.050% N and the balance Fe with inevitable impurities.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-3991

(P2002-3991A)

(43)公開日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース(参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 M
38/60		38/60	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-185761(P2000-185761)

(22)出願日 平成12年6月21日(2000.6.21)

(71)出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72)発明者 大森 靖浩

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72)発明者 星野 俊幸

岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(74)代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 快削鋼

(57)【要約】

【課題】 鉛を用いることなく、しかも圧延ままで被削性に優れる快削鋼を提供する。

【解決手段】 鋼材の成分組成を、質量百分率で、C : 0.05%未満、Si : 2.5 %以下、Mn : 0.10%以上、4.0 %以下、S : 0.20%超、0.8 %以下、B : 0.004 %超、0.08%未満、O : 0.008 %超、0.050 %以下およびN : 0.050 %未満を含有し、残部はFeおよび不可避免の不純物の組成に調整する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量百分率で、C：0.05%未満、Si：2.5%以下、Mn：0.10%以上、4.0%以下、S：0.20%超、0.8%以下、B：0.004%超、0.08%未満、O：0.008%超、0.050%以下およびN：0.050%未満を含有し、残部はFeおよび不可避の不純物の組成になることを特徴とする快削鋼。

【請求項2】 請求項1において、質量百分率で、さらにCu \leq 2.0%、Ni \leq 2.0%、Cr \leq 3.0%、Mo \leq 2.0%およびNb \leq 0.10%

のうちから選んだ1種または2種以上を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【請求項3】 請求項1または2において、質量百分率で、さらに

W \leq 0.1%およびV \leq 0.5%

のうちから選んだ1種または2種を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【請求項4】 請求項1、2または3において、質量百分率で、さらに

P \leq 0.2%、Te \leq 0.2%、Se \leq 0.2%、Ca \leq 0.02%、RE M \leq 0.02%、Zr \leq 0.2%、Bi \leq 0.3%、Sn \leq 0.3%、Sb \leq 0.2%、Co \leq 0.1%およびTi \leq 0.3%

のうちから選んだ1種または2種以上を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【請求項5】 請求項1、2、3または4において、質量百分率で、さらに

Mg \leq 0.02%、Hf \leq 0.1%およびAl \leq 1.0%

のうちから選んだ1種または2種以上を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、快削鋼に関し、特に切削加工において、工具寿命および切り屑処理性の被削性の有利な向上を図ろうとするものである。

【0002】

【従来の技術】従来、切削加工時の工具寿命や切り屑処理性等の被削性に優れた快削鋼としては、JISに規定されている硫黄快削鋼および鉛快削鋼、あるいはその他としてカルシウム快削鋼、テルル快削鋼、セレン快削鋼およびビスマス快削鋼など種々の鋼材が開発されている。

【0003】中でも、鉛快削鋼は、被削性に優れ、しかもテルル、ビスマス等に比較して経済的なことから、快削鋼として多用されている。しかしながら、鉛は人体に有害であることから、鋼材の製造過程だけでなく、それを用いた機械部品の製造過程において、環境対策を必要とし、また鋼材のリサイクル先が限られるなど問題があった。このため、従来から、鉛を添加せずに鉛添加鋼と同等程度の被削性を有する快削鋼の開発が望まれていた。

【0004】上記の要請に応えるものとして、例えば特開昭50-96416号公報には、鋼中のCを黒鉛として存在させ、この黒鉛の切欠き潤滑作用を利用することによって、鉛を用いることなく被削性を改善する方法が提案されている。しかしながら、この方法は、鋼中のCを黒鉛化する必要上、その前処理として熱処理が不可欠であることから、必ずしも経済的な方法とはいえないところに問題を残していた。

【0005】

10 【発明が解決しようとする課題】この発明は、上記の実情に鑑み開発されたもので、鉛を用いることなく、しかも圧延ままで被削性に優れた快削鋼を提案することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】さて、発明者らは、鉛を添加せずとも圧延ままで鉛添加鋼と同等の被削性を有する鋼材の組成について、鋭意検討した結果、以下に述べる知見を得た。

1) 鋼中のセメントタイトを低減することによって、工具磨耗が低減し、工具寿命が向上する。この効果は、C量を0.05mass%未満に低下させることで特に顕著となる。

【0007】2) C量を0.05mass%未満に低下させると、一方で生成した切り屑が破断しづらくなり切り屑処理性が低下する。これを解決するためには、

(a) Bを0.004 mass%超、0.08mass%未満、Nを0.050 mass%未満の範囲で添加するおよび

(b) Mnを0.10mass%以上、Sを0.20mass%超およびOを0.008mass%超添加するという2つの手段を同時にとることが特に有効である。

30 【0008】その理由は、次のとおりである。この発明で規定する組成範囲に成分調整を行うことで、鋼中OはMnと結合してMnOを生成する。これによりMnO上にMnSが生成し、MnO-MnS複合介在物が形成される。MnO-MnS複合介在物は圧延で伸延しづらく、比較的球状に近い形状で存在するため、切削加工時に応力集中源として作用する。この際、Bを上記の範囲で添加しておくことにより、MnO-MnS複合介在物と母相との界面にBが偏析し、MnO-MnS複合介在物の塑性変形をより一層抑制して、応力集中作用によるクラックの生成を促進する。また、BおよびNは、組織中の転位上に偏析し易い性質があり、MnO-MnS複合介在物への応力集中で周りの母地に生成した転位上へ偏析して母地を脆化させ、生成したクラックの伝播を容易にする。さらに、BとNの結合により生成するBNは、よく知られているように潤滑作用を有すると共に応力集中源として作用することにより、工具寿命向上および切り屑破断性の向上に有効に寄与する。これらの作用によって、切り屑の破断性が顕著に向上する結果、C量が0.05mass%未満という低C鋼においても、切り屑長さが5mm以下といった細かな切り屑が生成するようになり、切り屑処理性が格段に向上す

る。

【0009】3) 上記1)に加えて、工具寿命の向上には、適量のMnおよびBの添加が有効である。この理由は、Mn、Bの添加によって組織中にベイナイト組織が生成し、このベイナイト組織はフェライトに比べて硬質であり、またベイナイト組織中の炭化物がランダムな方位を持つ平板上のセメンタイトが集積した構造を有するため、それ自体変形しづらく、このため切削加工時に応力集中源となり、応力集中が起こった際に、周りのフェライトに対して切り欠き効果を持つために、切り屑生成が容易となるからである。組織中にベイナイト組織を混存させた場合には、上記した作用により、切削時の切削抵抗が低下し、工具寿命が向上する。この発明は、上記の知見に立脚するものである。

【0010】すなわち、この発明の要旨構成は次のとおりである。

1. 質量百分率で、

C: 0.05%未満、Si: 2.5%以下、Mn: 0.10%以上、4.0%以下、S: 0.20%超、0.8%以下、B: 0.004%超、0.08%未満、O: 0.008%超、0.050%以下およびN: 0.050%未満を含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物の組成になることを特徴とする快削鋼。

【0011】2. 上記1)において、質量百分率で、さらに

$Cu \leq 2.0\%$ 、 $Ni \leq 2.0\%$ 、 $Cr \leq 3.0\%$ 、 $Mo \leq 2.0\%$ および $Nb \leq 0.10\%$

のうちから選んだ1種または2種以上を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【0012】3. 上記1)または2)において、質量百分率で、さらに

$W \leq 0.1\%$ および $V \leq 0.5\%$

のうちから選んだ1種または2種を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【0013】4. 上記1)、2)または3)において、質量百分率で、さらに

$P \leq 0.2\%$ 、 $Te \leq 0.2\%$ 、 $Se \leq 0.2\%$ 、 $Ca \leq 0.02\%$ 、 $RE M \leq 0.02\%$ 、 $Zr \leq 0.2\%$ 、 $Bi \leq 0.3\%$ 、 $Sn \leq 0.3\%$ 、 $Sb \leq 0.2\%$ 、 $Co \leq 0.1\%$ および $Ti \leq 0.3\%$

のうちから選んだ1種または2種以上を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【0014】5. 上記1)、2)、3)または4)において、質量百分率で、さらに

$Mg \leq 0.02\%$ 、 $Hf \leq 0.1\%$ および $Al \leq 1.0\%$

のうちから選んだ1種または2種以上を含有する組成になることを特徴とする快削鋼。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、この発明において、鋼材の成分組成を上記の範囲に限定した理由について説明する。

C: 0.05mass% (以下、単に%で示す) 未満

Cは、強度確保のために添加する。しかしながら、0.05%以上添加すると、切削加工時の工具摩耗が増大し、被削性が低下するため、Cは0.05%未満に制限した。なお、好ましくは0.04%以下である。

【0016】Si: 2.5%以下

Siは、固溶強化による強度確保に有効であり、また脱酸元素としても有効であるが、2.5%を超えて添加すると工具寿命が低下するため、2.5%以下に制限した。好ましくは0.6%以下である。

【0017】Mn: 0.10%以上、4.0%以下

Mnは、焼入性を向上して、ベイナイト組織の生成を促進し、被削性を向上させる働きがある。また、強度確保の面でも有効である。さらに、Sと結合してMnSをあるいはOおよびSと結合してMnO-MnS複合介在物を形成し、これによって被削性を向上させる作用もある。これらの効果を得るためには、少なくとも0.10%の含有が必要であるが、4.0%を超えると強度が上昇し、被削性が低下するため、Mnは0.10~4.0%の範囲に限定した。なお、より好適には0.5~2.5%の範囲である。

【0018】S: 0.20%超、0.8%以下

Sは、鋼中でMnと結合し、MnSとなって切削加工時の応力集中源となり、切り屑の分断を容易にして被削性を向上させる有用元素である。しかしながら、含有量が0.20%以下ではその添加効果に乏しく、一方0.8%を超えて添加すると熱間加工性の低下を招くため、Sは0.20%超、0.8%以下の範囲に限定した。

【0019】B: 0.004%超、0.08%未満

Bは、MnO-MnS複合介在物と母相との界面に偏析し、切り屑生成時のMnO-MnS複合介在物の塑性変形を抑制して、応力集中によるクラックの生成を促進し、切り屑処理性を向上させる。また、Nとの結合により生成するBNは、潤滑作用および応力集中源としての作用を有するため工具寿命および切り屑破断性を向上させる。さらに、焼入性を向上させ、ベイナイト組織を生成し、工具寿命を向上させる作用を有することから、積極的に添加する。しかしながら、含有量が0.004%以下ではその効果が小さく、一方0.08%以上添加しても、その効果は飽和に達し、むしろ成分コストの上昇を招くため、Bは0.004%超、0.08%未満の範囲に限定した。なお、好ましくは0.015%以下である。

【0020】O: 0.008%超、0.050%以下

Oは、Mnと結合してMnOを生成する。これによりMnO上にMnSが生成し、MnO-MnS複合介在物が形成される。MnO-MnS複合介在物は圧延で伸延しづらく、比較的球状に近い形状で存在するため、切削加工時に応力集中源として作用する。このためOは積極的に添加するが、0.008%以下の添加ではその効果が小さく、一方0.050%を超えて添加すると鋼塊に内部欠陥が発生するようになるため、Oは0.008%超、0.050%以下の範囲に限定した。なお、好ましくは0.030%以下である。

【0021】N:0.050%未満

Nは、組織中の転位上に偏析し易い性質があり、切削時のMnO-MnS複合介在物への応力集中で周りの母地に生成した転位上へ偏析して母地を脆化させ、生成したクラックの伝播を容易にすることで切り屑破断性を向上させる。また、Bとの結合によりBNを形成し、その潤滑作用および応力集中作用により、工具寿命および切り屑破断性を向上させる作用があるので積極的に添加する。しかしながら、含有量が0.05%以上になると鋼塊の内部欠陥および表面疵が発生するため、Nは0.05%未満に限定した。

【0022】以上、基本成分について説明したが、この発明では上記した基本成分の他に、以下の成分を添加することにより、被削性や強度の一層の向上を図ることができる。まず、焼入性を向上させ、ベイナイト組織を生成させて被削性を向上させ、また強度を上昇させるために、Cu、Ni、Cr、MoおよびNbのうちから選んだ1種または2種以上を添加することができる。

【0023】Cu:2.0%以下

Cuは、焼入性を向上させ、ベイナイト組織生成による被削性の向上および強度を確保するために添加することができる。しかしながら、含有量が2.0%を超えると、強度が上昇して被削性が低下すると共に、コストが上昇するので、Cuは2.0%以下で含有させるものとした。特に好ましくは1.0%以下である。

【0024】Ni:2.0%以下

Niは、焼入性向上によるベイナイト組織生成による被削性の向上および強度確保のために添加することができる。しかしながら、過剰な添加は、高価につくだけでなく、強度が上昇して被削性の低下を招くので、Niは2.0%以下で含有させるものとした。なお好ましくは1.0%以下である。

【0025】Cr:3.0%以下

Crは、焼入性の向上により、ベイナイト組織の生成を促進させ、ひいては被削性および強度を向上させる有用元素である。しかしながら、3.0%を超えて添加すると、強度が上昇して被削性が低下するだけでなく、成分コストも上昇するので、Crは3.0%以下で含有させるものとした。なお、好ましくは1.5%以下である。

【0026】Mo:2.0%以下

Moは、焼入性向上によるベイナイト組織生成による被削性の向上および強度確保のために添加することができる。しかしながら、過剰な添加は、高価につくだけでなく、強度が上昇して被削性が低下するので、Moは2.0%以下で含有させるものとした。なお好ましくは1.0%以下である。

【0027】Nb:0.10%以下

Nbは、焼入性を向上させ、ベイナイト組織生成による被削性の向上および強度を確保するために添加することができる。しかしながら、過剰に添加した場合、成分コス

トが上昇するだけでなく、強度が上昇して被削性の低下を招くので、Nbは0.10%以下で含有させるものとした。

【0028】また、強度向上を図るために、WおよびVのうちから選んだ1種または2種を添加することができる。

W:0.1%以下

Wは、固溶による強度向上作用を有するが、0.1%を超えて添加すると被削性が低下するので、Wは0.1%以下で含有させるものとした。

【0029】V:0.5%以下

Vは、V(C, N)による析出強化により強度を向上させる有用元素であるが、0.5%を超えて添加すると被削性が低下するため、Vは0.5%以下で含有させるものとした。

【0030】さらに、被削性のさらなる向上を図るために、P、Te、Se、Ca、REM、Zr、Bi、Sn、Sb、CoおよびTiのうちから選んだ1種または2種以上を含有させることができる。

P:0.2%以下

Pは、生成した切り屑中のクラックの伝播を容易にすることで、切り屑処理性を顕著に向上させる作用があるが、0.2%を超えて添加すると熱間加工性を低下させるので、P量は0.2%以下に限定した。

【0031】Te:0.2%以下、Se:0.2%以下

TeおよびSeはそれぞれ、Mnと結合してMnTeおよびMnSeを形成し、これがチップブレイカーとして作用することにより被削性を改善する。しかしながら、0.2%を超えて添加すると効果が飽和する上に、成分コストの上昇を招くので、いずれも0.2%以下で含有させるものとした。

【0032】Ca:0.02%以下、REM:0.02%以下、Zr:0.2%以下

Ca、REMおよびZrはいずれも、MnSと共に硫化物を形成し、これがチップブレイカーとして作用することにより被削性を改善する。しかしながら、Ca:0.02%、REM:0.02%およびZr:0.2%を超えて添加しても効果が飽和する上、成分コストの上昇を招くため、いずれも上記の範囲で含有させるものとした。

【0033】Bi:0.3%以下

Biは、切削時の溶融、潤滑および脆化作用により、被削性を向上させるので、この目的で添加することができる。しかしながら、0.3%を超えて添加しても効果が飽和するばかりか、成分コストが上昇するので、Biは0.3%以下で含有させるものとした。

【0034】Sn:0.3%以下、Sb:0.2%以下、Co:0.1%以下

Sn、SbおよびCoはいずれも、脆化作用により被削性を向上させる元素である。しかしながら、Sn:0.3%、Sb:0.2%およびCo:0.1%を超えて添加しても、効果が飽和する上、コストが上昇し、経済的に不利となるので、いずれも上記の範囲で含有させるものとした。

【0035】Ti:0.3%以下

Tiは、TiSおよび(Mn,Ti)Sを生成して切り屑中の応力集中源となり、切り屑処理性を向上させる作用がある。しかしながら、0.3%を超えて添加すると粗大なTiNを析出するため、切削加工時の工具磨耗が増大し、被削性が低下するので、Tiは0.3%以下の範囲に限定した。なお、好ましくは0.01%以下である。

【0036】その他、以下の元素を添加することもできる。

Mg:0.02%以下およびHf:0.1%以下

MgおよびHfはそれぞれ、脱酸元素であるだけでなく、応力集中源となって被削性を改善する効果があるので、必要に応じて添加することができる。しかしながら、過剰に添加すると効果が飽和する上、成分コストの上昇を招くので、添加量としてはそれぞれ上記の範囲に制限した。

【0037】Al:1.0%以下

Alは、固溶強化による強度の確保および脱酸に有効な元素であり、また酸化物であるAl₂O₃が切削加工時の応力集中源として作用し、被削性を改善する効果もある。反面、酸化物が硬質であるため工具磨耗が促進される作用もある。従って、固溶強化および応力集中源としての効果を利用する場合に添加することができる。しかしながら、1.0%を超えて添加すると硬質酸化物による工具摩耗促進効果が著しくなるだけでなく、コストアップともなるので、1.0%以下に制限した。なお、好ましくは0.02%未満である。

【0038】なお、本発明では、その主旨から、Pbは基本的に添加しないが、これは技術的に添加することができ*

*きないという意味ではない。すなわち、単に快削性の面だけ考慮すれば良いのであれば、その添加を妨げるものではない。しかしながら、この場合であっても、環境衛生の面から添加量は0.2%以下程度に抑制することが好ましい。

【0039】次に、この発明鋼の好適製造条件について説明する。まず、素材の製造については、従来公知の転炉または電気炉等で溶製した後、連続鋳造法または造塊一分塊法によってスラブまたはブルームとする。つい

で、常法に従う熱間圧延により所定の形状とする。しかるのち、所定の部品形状に成形後、機械部品とする。また、窒化または浸炭処理等を施して製品とする場合もある。

【0040】

【実施例】表1、2に示す成分組成になる鋼材を、転炉にて溶製し、連続鋳造によりブルームとしたのち、150mm角ビレットに熱間圧延し、ついで加熱温度:1200℃、仕上温度:950℃の条件下での棒鋼圧延により、35mmφの棒鋼とした。このようにして得られた棒鋼の硬さ、被削性について調査した結果を表3に示す。ここで、硬さは、棒鋼の径の1/4の深さ位置から採取したサンプルを用いて、ピッカース硬度計により荷重:98.07Nで測定した。また、被削性は、ハイス工具(SKH4)を用い、切削速度:100m/min、送り:0.25mm/rev、切込み:2.0mm、無潤滑の条件で、外周旋削試験により評価した。さらに、工具寿命判定は、完全損傷までの総切削時間で評価した。

【0041】

【表1】

No.	成 分 組 成							(mass%)	備 考
	C	Si	Mn	S	B	N	O	そ の 他	
1	0.015	0.24	2.53	0.30	0.0105	0.0084	0.0221		発明例
2	0.012	0.28	1.80	0.27	0.0080	0.0096	0.0170		"
3	0.042	1.45	1.88	0.32	0.0070	0.0070	0.0113		"
4	0.022	0.02	1.52	0.45	0.0099	0.0121	0.0207	P:0.065, Nb:0.031	"
5	0.013	0.32	0.42	0.29	0.0077	0.0085	0.0159	Cu:0.30, Ni:0.42, Cr:0.14	"
6	0.018	0.03	1.65	0.34	0.0098	0.0110	0.0188	Nb:0.027, Mo:0.10, P:0.060	"
7	0.019	0.15	1.26	0.31	0.0067	0.0092	0.0192	Mo:0.32, W:0.08, V:0.24	"
8	0.021	0.30	1.56	0.27	0.0232	0.0167	0.0220	Ca:0.0018, Nb:0.029, P:0.05	"
9	0.027	0.40	1.25	0.30	0.0056	0.0060	0.0176	REM:0.010, Ca:0.0013, Nb:0.02	"
10	0.030	0.56	2.00	0.28	0.0087	0.0160	0.0280	Te:0.13, Zr:0.23	"
11	0.012	0.28	2.14	0.28	0.0092	0.0098	0.0093	REM:0.0088	"
12	0.028	0.48	1.25	0.38	0.0094	0.0101	0.0201	Pb:0.15, Bi:0.07	"
13	0.028	0.53	1.33	0.23	0.0109	0.0124	0.0228	Al:0.051, Sn:0.16	"
14	0.022	0.55	1.29	0.57	0.0067	0.0081	0.0160	Se:0.13, Sb:0.20	"
15	0.016	1.15	1.55	0.30	0.0112	0.0142	0.0177	Ti:0.030, Mo:0.18	"
16	0.014	0.49	2.15	0.41	0.0084	0.0081	0.0180	Mg:0.014, Hf:0.012, Co:0.05	"

【0042】

* * 【表2】

No.	成 分 組 成 (mass%)								備 考
	C	Si	Mn	S	B	N	O	そ の 他	
17	0.020	0.39	1.91	0.26	<u>0.0001</u>	0.0001	0.0214		比較例
18	0.022	<u>2.78</u>	1.54	0.35	0.0044	0.0065	0.0148		"
19	<u>0.058</u>	0.53	1.95	0.30	0.0082	0.0095	0.0161		"
20	0.030	0.38	<u>0.07</u>	0.39	0.0099	0.0102	0.0128		"
21	0.030	0.24	<u>4.59</u>	0.41	0.0099	0.0117	0.0169		"
22	0.023	0.04	1.45	<u>0.15</u>	0.0086	0.0075	0.0235		"
23	0.016	0.54	2.13	<u>0.91</u>	0.0063	0.0058	0.0286	* 鋼塊圧延時割れ発生	"
24	0.024	0.51	1.17	0.46	0.0114	<u>0.0520</u>	0.0269	* 鋼塊内部欠陥発生	"
25	0.029	0.42	1.05	0.40	0.0047	0.0080	<u>0.0063</u>		"
26	0.025	0.37	1.60	0.44	0.0060	0.0059	<u>0.0534</u>	* 鋼塊内部欠陥発生	"
27	<u>0.080</u>	0.02	1.03	0.34	<u>tr</u>	0.0070	0.0151	Pb : 0.30	従来鋼 (SUM24L)

【0043】

【表3】

No.	硬さ (HV, 1/4D 部)	工具寿命 (min)	切り屑 形状*	備 考
1	120	28.0	◎	発明例
2	114	31.7	◎	"
3	117	32.3	◎	"
4	115	30.9	◎	"
5	119	31.4	◎	"
6	116	31.0	◎	"
7	115	31.6	◎	"
8	117	31.4	◎	"
9	115	27.7	◎	"
10	115	32.9	◎	"
11	116	26.8	◎	"
12	120	31.3	◎	"
13	116	27.1	◎	"
14	116	26.9	◎	"
15	119	29.5	◎	"
16	117	30.4	◎	"
17	119	13.4	×	比較例
18	122	13.5	○	"
19	118	13.4	◎	"
20	119	13.4	×	"
21	189	7.9	◎	"
22	115	13.3	△	"
23	—	—	—	"
24	—	—	—	"
25	118	13.4	×	"
26	—	—	—	"
27	126	16.5	◎	従来鋼 (SUM24L)

*) 切り屑形状

◎ : 細かい切り屑 (長さ ≤ 5 mm)

○ : 細かい切り屑の中に中位の切り屑 (5 mm < 長さ ≤ 20 mm)

△ : 中位の切り屑の中に長い切り屑 (長さ > 20 mm) 発生、

× : 長い切り屑のみ (長さ > 20 mm)

【0044】表3に示したとおり、No. 1～16の発明例はいずれも、工具寿命が26.8～32.9 minと、No. 27の従来の鉛添加非調質鋼 (JIS SUM24L) の16.5 minに比べると格段に向上している。また、切り屑形状に関しても、いずれも長さが5 mm以下と細かな良好な切り屑が得られている。これに対し、No. 17～No. 26の比較例のうち、No. 17はBがこの発明の下限に満たないため、切り屑形状および工具寿命が悪化している。No. 18はSiがこの発明の上限を超えているため、工具寿命が低下している。No. 19はCがこの発明の上限を超えているため、発明例に比べ工具寿命が半分以下に低下している。No. 20は、Mnがこの発明の下限に満たないため、工具寿命が低下し、また切り屑形状も悪くなっている。No. 21はMnがこの発明の上限を超えているため、工具寿命が低下してい

る。No. 22はSがこの発明の下限に満たないため、工具寿命が低下し、切り屑形状も悪くなっている。No. 23はSがこの発明の上限を超えているため、圧延時に熱間割れが生じ、圧延の中止を余儀なくされたため、評価不能であった。No. 24はNがこの発明の上限より高いため、鋼塊に内部欠陥が生じ評価不能であった。No. 25はOがこの発明の下限に満たないため、工具寿命が短く、また切り屑形状も悪化している。No. 26はOがこの発明の上限を超えているため、鋼塊に内部欠陥が発生し、評価不能であった。

【0045】

【発明の効果】かくして、この発明によれば、特に鉛を添加せずとも、圧延ままの状態で、鉛添加快削鋼と同等以上の被削性を有する鋼材を安価に得ることができる。

フロントページの続き

(72) 発明者 天野 虔一
岡山県倉敷市水島川崎通 1 丁目 (番地な
し) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内